

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-205249

(43)Date of publication of application : 30.07.1999

(51)Int.Cl.

H04B 10/28

H04B 10/26

H04B 10/14

H04B 10/04

H04B 10/06

H03F 1/30

H03F 3/08

H03G 3/30

(21)Application number : 10-014728

(71)Applicant : OKI TEC:KK  
OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 12.01.1998

(72)Inventor : SUDO MAKOTO  
MAEDA MASAOKI**(54) BIAS VOLTAGE CONTROL CIRCUIT FOR AVALANCHE PHOTO DIODE AND ITS ADJUSTMENT METHOD**

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To avoid the effect of fluctuation in ambient temperature or a power supply voltage on a bias voltage of an APD.

SOLUTION: A reference voltage generating circuit 40 generates a reference voltage by taking notice of setting of a voltage to obtain an optimum amplification factor to a terminal 28 and of a temperature gradient of a breakdown voltage of an APD 10 and provides a reference voltage 43a to an input 31 of a voltage comparator 30. A setting circuit 41, provides an output of a prescribed voltage 41a to set a voltage at the terminal 28 at which an optimum amplification factor is obtained from the APD 70 and gives the voltage 41 to an adder circuit 43. A temperature compensation circuit 42 provides an output of a voltage 42a corresponding to a temperature gradient of the breakdown voltage of the APD 10 to the adder 43. The temperature gradient represents a change in the breakdown voltage with respect to a change in temperature. The adder circuit 43 adds the prescribed voltage 41a to the voltage 42a of the temperature gradient and gives the sum to the input 31 of the voltage comparator 30 as a reference voltage 43a. The voltage comparator 30 obtains a difference between the voltage 50a and the reference voltage 43a and provides an output of it as a voltage control signal 30a.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 22.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3839574

[Date of registration] 11.08.2006

[Number of appeal against examiner's decision]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-205249

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月30日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/28

H 0 4 B 9/00

Y

10/26

H 0 3 F 1/30

A

10/14

3/08

10/04

H 0 3 G 3/30

B

10/06

H 0 4 B 9/00

S

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平10-14728

(22) 出願日

平成10年(1998) 1月12日

(71) 出願人 593065844

株式会社沖テック

愛知県名古屋市西区上名古屋三丁目25番28号 第7猪村ビル

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72) 発明者 須藤 誠

愛知県名古屋市中区丸ノ内3丁目22番21号  
株式会社沖テック内

(72) 発明者 前田 正明

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気  
工業株式会社内

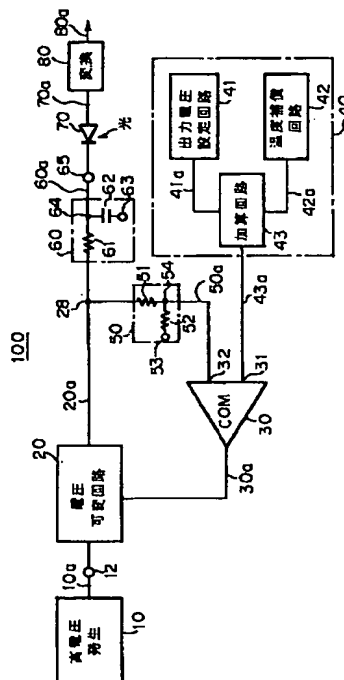
(74) 代理人 弁理士 香取 孝雄

(54) 【発明の名称】 アバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路およびその調整方法

(57) 【要約】

【課題】 周囲温度や電源電圧の変動があってもその影響をAPD のバイアス電圧に与えないようにする。

【解決手段】 基準電圧発生回路40は、端子28に対して最適増倍率を得るための電圧の設定とAPD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜に注目して基準電圧を発生し、電圧比較器30の入力31に対する基準電圧43aを与える。設定回路41は、端子28の電圧をAPD 70に対して最適増倍率を得ることができる電圧に設定するための所定の電圧41aを出力し、加算回路43に与える。温度補償回路42は、APD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜に当たる電圧42aを出力し、加算回路43に与える。この温度傾斜は、温度の変化に対するブレークダウン電圧の変化を表す。加算回路43は、所定の電圧41aと温度傾斜に当たる電圧42aとを加算し、基準電圧43aとして電圧比較器30の入力31に与える。電圧比較器30は、電圧50aと基準電圧43aとの電圧差を求めてこれを電圧制御信号30aとして出力する。



APD用電圧制御回路の第1実施例

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力直流電圧を電圧制御信号によって電圧を制御し出力する電圧可変手段を含み、該出力電圧をアバランシェフォトダイオードに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力するアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路において、該回路は、

前記アバランシェフォトダイオードの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電圧を出力する温度傾斜電圧出力手段と、

前記出力端子の電圧を所定の電圧に設定するための設定電圧を出力する設定電圧出力手段と、

前記温度傾斜に当たる電圧と前記設定電圧とから基準電圧を設定し、該基準電圧と前記出力端子から抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように前記電圧制御信号を生成し、前記電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含み、

前記電圧可変手段は、デジタル電圧制御信号によってデジタル的に抵抗値を可変し設定することができるデジタル可変抵抗手段を含み、前記電圧制御信号を前記デジタル電圧制御信号に変換し、該デジタル電圧制御信号によって、前記デジタル可変抵抗手段の抵抗値を設定し、前記入力直流電圧を制御することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項2】 入力端子に与えられる入力直流電圧を電圧制御信号に応じた電圧に可変制御し出力する電圧可変手段を含み、該出力電圧をアバランシェフォトダイオードに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力するアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路において、該回路は、

前記アバランシェフォトダイオードの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電圧を出力する温度傾斜電圧出力手段と、

前記出力端子の電圧を所定の電圧に設定するための設定電圧を出力する設定電圧出力手段と、

前記温度傾斜に当たる電圧と前記設定電圧とから基準電圧を設定し、該基準電圧と前記出力端子から減衰抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように前記電圧制御信号を生成し、前記電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含み、

前記電圧可変手段は、前記入力端子に直列に接続された第1の抵抗と、該第1の抵抗と直列に接続された第2の抵抗と、該第2の抵抗に接続され前記電圧制御信号によって電流の制御を行うためのトランジスタとを含む電流制御部を含み、前記電圧制御信号によって、前記トランジスタが前記第1の抵抗および第2の抵抗に流れる電流を制御し、前記第1の抵抗と第2の抵抗との間の接続点から前記出力端子への電圧を取り出すことを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項3】 請求項1または2に記載の回路において、前記比較制御手段は、電圧比較器によって前記基準電圧と前記出力端子に設定されている電圧とを比較し制御をすることを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項4】 入力端子に与えられる入力直流電圧を電圧制御信号に応じた電圧に可変制御し出力する電圧可変手段を含み、該出力電圧をアバランシェフォトダイオードに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力するアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路において、該回路は、

前記出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、前記出力端子の電圧を所定の電圧に設定する出力電圧設定手段と、

前記出力端子から前記第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、前記アバランシェフォトダイオードの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電流を引き込む温度傾斜電流引き込み手段と、

所定の基準電圧を設定し、該基準電圧と前記出力端子から前記第1の抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように前記電圧制御信号を生成し、前記電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含むことを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項5】 請求項4に記載の回路において、前記出力電圧設定手段は、

前記第1の抵抗に接続され引き込み電流の制御を行うための第1のトランジスタと、

該第1のトランジスタに接続され引き込み電流の調整を行う第1の可変抵抗とを含み、

所定の電圧を前記第1のトランジスタに与えて動作させ、前記第1の可変抵抗の抵抗値を調整して引き込み電流を制御し、前記出力端子の電圧を所定の値に設定することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項6】 請求項4または5に記載の回路において、前記温度傾斜電流引き込み手段は、

周囲温度を検出し検出信号を出力する温度センサと、

前記第1の抵抗に接続され、引き込み電流の制御を行うための第2のトランジスタと、

該第2のトランジスタに接続され、引き込み電流の調整を行う第2の可変抵抗とを含み、

前記検出信号を前記第2のトランジスタに与えて動作させ、前記第2の可変抵抗の抵抗値を調整して引き込み電流を制御することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項7】 請求項4、5または6に記載の回路において、

前記電圧可変手段は、前記入力端子に直列に接続された第2の抵抗と、該第2の抵抗と直列に接続された第3の

抵抗と、該第3の抵抗に接続され、前記電圧制御信号によって電流の制御を行うための第3のトランジスタとを含む電流制御部を含み、

前記電圧制御信号によって、前記第3のトランジスタが前記第2の抵抗および第3の抵抗に流れる電流を制御し、前記第2の抵抗と第3の抵抗との間の接続点から前記出力端子への電圧を取り出すことを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項8】 請求項4、5または6に記載の回路において、前記電圧可変手段は、デジタル電圧制御信号によってデジタル的に抵抗値を可変し設定することができるデジタル可変抵抗手段を含み、前記電圧制御信号を前記デジタル電圧制御信号に変換し、該デジタル電圧制御信号によって、前記デジタル可変抵抗手段の抵抗値を設定し、前記入力直流電圧を制御することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項9】 請求項4ないし8のいずれかに記載の回路において、前記比較制御手段は、電圧比較器によって前記基準電圧と前記出力端子から前記第1の抵抗を介して与えられる電圧とを比較し制御をすることを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項10】 請求項1ないし9のいずれかに記載の回路において、該回路は、前記出力端子に接続されたローパスフィルタ手段を含み、該ローパスフィルタ手段は、前記出力端子に出力されている電圧に含まれる低域周波数成分を通過させ高域周波数成分を除去した電圧を出力し、該ローパスフィルタ手段の出力電圧を前記アバランシェフォトダイオード用のバイアス電圧とすることを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路。

【請求項11】 入力端子に与えられる入力直流電圧を電圧制御信号に応じた電圧に可変制御し出力する電圧可変手段を含み、該出力電圧をアバランシェフォトダイオードに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力するアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路であって、

前記出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、前記出力端子の電圧を所定の電圧に設定する出力電圧設定手段と、

前記出力端子から前記第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、前記アバランシェフォトダイオードの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電流を引き込む温度傾斜電流引き込み手段と、

所定の基準電圧を設定し、該基準電圧と前記出力端子から前記第1の抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように前記電圧制御信号を生成し、前記電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含むアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路において、温度補償の調整と最適増倍率への調整とを行う調整方法におい

て、該方法は、

使用するアバランシェフォトダイオードの逆方向の降伏電圧の温度傾斜と最適増倍率とを測定する特性測定工程と、

前記出力端子に使用するアバランシェフォトダイオードを接続し、前記入力端子に所定の直流電圧を印加する電圧印加工程と、

前記温度傾斜電流引き込み手段への電流の引き込みを停止させ、この状態で前記出力電圧設定手段によって前記出力端子の電圧を所定の値に設定する出力電圧設定工程と、

前記温度傾斜電流引き込み手段への電流の引き込みを行い、前記温度傾斜に当たる電流の引き込みを行う温度傾斜設定工程と、

前記出力電圧設定手段によって、前記出力端子の電圧を前記最適増倍率に対応する電圧に調整する電圧調整工程とを含むことを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路の調整方法。

【請求項12】 請求項11に記載の方法において、

前記出力電圧設定手段は、前記第1の抵抗に接続され引き込み電流の制御を行うための第1のトランジスタと、該第1のトランジスタに接続され引き込み電流の調整を行う第1の可変抵抗とを含み、所定の電圧を前記第1のトランジスタに与えて動作させ、

前記出力電圧設定工程では、前記第1の可変抵抗の抵抗値を調整して引き込み電流を制御し、前記出力端子の電圧を所定の値に設定することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路の調整方法。

【請求項13】 請求項11または12に記載の方法において、

前記温度傾斜電流引き込み手段は、周囲温度を検出し検出信号を出力する温度センサと、前記第1の抵抗に接続され、引き込み電流の制御を行うための第2のトランジスタと、該第2のトランジスタに接続され、引き込み電流の調整を行う第2の可変抵抗とを含み、前記検出信号を前記第2のトランジスタに与えて動作させ、

前記温度傾斜設定工程では、前記第2の可変抵抗の抵抗値を調整して引き込み電流を制御することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路の調整方法。

【請求項14】 請求項11、12または13に記載の方法において、

前記電圧可変手段は、前記入力端子に直列に接続された第2の抵抗と、該第2の抵抗と直列に接続された第3の抵抗と、該第3の抵抗に接続され、前記電圧制御信号によって電流の制御を行うための第3のトランジスタとを含む電流制御部を含み、

前記電圧制御信号によって、前記第3のトランジスタが前記第2の抵抗および第3の抵抗に流れる電流を制御し、前記第2の抵抗と第3の抵抗との間の接続点から前

記出力端子への電圧を取り出すことを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路の調整方法。

【請求項15】 請求項11、12または13に記載の方法において、前記電圧可変手段は、デジタル電圧制御信号によってデジタル的に抵抗値を可変し設定することができるデジタル可変抵抗手段を含み、前記電圧制御信号を前記デジタル電圧制御信号に変換し、該デジタル電圧制御信号によって、前記デジタル可変抵抗手段の抵抗値を設定し、前記入力直流電圧を制御することを特徴とするアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路の調整方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路およびその調整方法に関し、アバランシェフォトダイオード(APD: Avalanche Photodiode)に与えるバイアス電圧の最適制御に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光通信システムにおいては、受光素子としてのAPDを用いた光／電気変換器が使用されている。このAPDは、信号光電流の増幅作用をもち、微弱な光信号を扱う光ファイバ通信システムの受光素子としては必要不可欠である。

【0003】また、このAPDの信号光電流の増幅作用は、通常、増倍率Mによって表されている。APDを効率的に動作させて使用するためには、数十V以上の直流バイアス電圧を印加する必要がある。そして、増倍率Mと直流バイアス電圧との間には密接な関係があり、従来、直流バイアス電圧のかけ方として増倍率値一定方式と、増倍率値変動方式とがある。

【0004】増倍率値一定方式は、ツェナーダイオードなどを利用してAPDの直流バイアス電圧を安定化して増倍率Mを一定にしておく方法である。増倍率値変動方式は、広範囲の自動利得制御(Automatic Gain Control: AGC)をかけてAPDの直流バイアス電圧を最適値に制御する方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、増倍率値変動方式の場合はAGC増幅器の温度変動や電源変動などの影響によってAPDの増倍率が変動し、信号対雑音比が劣化するという問題がある。さらに、増倍率値変動方式や増倍率値一定方式のいずれの場合でも何らかの手段によって高電圧発生回路として、たとえば、直流電圧(DC)／直流電圧(DC)コンバータ回路や発振器出力信号を昇圧するコッククロフト回路などを制御する必要があったため、高電圧発生回路を制御ループ内に備える必要があった。このため回路規模が大きくなるといった問題もあった。

【0006】さらにまた、APDは、図2に示すように逆方向の降伏電圧(ブレイクダウン電圧)において増倍率が無限に近く高くなるという作用がある。したがって、この電圧以下のバイアス電圧で使用する必要がある。しかもこのブレイクダウン電圧は、図3に示すようにAPDの周囲温度が変化することによっても変化する。このため、APDを動作させるうえでは、周囲温度の変化に対する補償とブレイクダウン電圧以下での最適増倍率に制御することが信号対雑音比を良好にするために非常に重要なことである。

【0007】このようなことから、周囲温度変動や電源電圧の変動があってもその影響をAPDのバイアス電圧に与えないようにし、APDにとって最適な増倍率にバイアス電圧を制御することができ、回路の小型化も図ることができるアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路およびその調整方法の実現が要請されている。

【0008】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明のアバランシェフォトダイオード用バイアス電圧制御回路は、入力直流電圧を電圧制御信号によって電圧を制御し出力する電圧可変手段を含み、この出力電圧をAPDに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力する回路であって、APDの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電圧を出力する温度傾斜電圧出力手段と、出力端子の電圧を所定の電圧に設定するための設定電圧を出力する設定電圧出力手段と、温度傾斜に当たる電圧と設定電圧とから基準電圧を設定し、この基準電圧と出力端子から抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように電圧制御信号を生成し、電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含み、電圧可変手段は、デジタル電圧制御信号によってデジタル的に抵抗値を可変し設定することができるデジタル可変抵抗手段を含み、電圧制御信号をデジタル電圧制御信号に変換し、このデジタル電圧制御信号によって、デジタル可変抵抗手段の抵抗値を設定し、入力直流電圧を制御する。

【0009】このような構成を採ることで、基準電圧は、出力端子の設定電圧と温度傾斜に当たる電圧とから形成され、この基準電圧と出力端子の電圧とが常に等しくなるように比較制御手段から電圧制御信号が出力される。この電圧制御信号はデジタル信号に変換され、このデジタル信号によってデジタル可変抵抗手段を可変し、精度良く忠実に抵抗値を設定することができる。したがって、出力電圧に対する温度補償を行いながら、最適増倍率に当たる電圧に設定することができ、設定精度も高くなる。

【0010】また、電圧可変手段を、入力端子に直列に接続された第1の抵抗と、この第1の抵抗に直列に接続された第2の抵抗と、この第2の抵抗に接続され、電圧制御信号によって電流の制御を行うためのトランジスタを含む電流制御部を含み、電圧制御信号によって、ト

ランジスタが第1の抵抗および第2の抵抗に流れる電流を制御し、第1の抵抗と第2の抵抗との間の接続点から出力端子への電圧を取り出すように構成することで、少ない回路部品点数で構成することができ、回路を小型化することができる。しかも、電圧制御信号の大きさに応じて電流制御を行い出力電圧も忠実に制御することができる。

【0011】さらに、本発明のAPD用バイアス電圧制御回路は、入力端子に与えられる入力直流電圧を電圧制御信号に応じた電圧に可変制御し出力する電圧可変手段を含み、この出力電圧をAPDに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力する回路であって、出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、出力端子の電圧を所定の電圧に設定する出力電圧設定手段と、出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、APDの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電流を引き込む温度傾斜電流引き込み手段と、所定の基準電圧を設定し、この基準電圧と出力端子から第1の抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように電圧制御信号を生成し、電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含む。

【0012】このような構成を採り、APDの最適増倍率に当たる設定電圧分の電流と、APDのブレークダウン電圧の温度傾斜分の電流を出力端子から引き込み制御し、出力電圧の設定と温度補償とを実現する。基準電圧と出力端子の電圧とが常に等しくなるように比較制御手段から電圧制御信号が出力される。この電圧制御信号によって出力端子の電圧が制御されるので、精度良く忠実に設定することができる。

【0013】さらにまた、本発明によれば、入力端子に与えられる入力直流電圧を電圧制御信号に応じた電圧に可変制御し出力する電圧可変手段を含み、この出力電圧をAPDに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力する回路であって、出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、出力端子の電圧を所定の電圧に設定する出力電圧設定手段と、出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、APDの逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電流を引き込む温度傾斜電流引き込み手段と、所定の基準電圧を設定し、この基準電圧と出力端子から第1の抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように電圧制御信号を生成し、電圧可変手段に対して与える比較制御手段とを含むAPD用バイアス電圧制御回路において、温度補償の調整と最適増倍率への調整とを行うAPD用バイアス電圧制御回路の調整方法は、使用するAPDの逆方向の降伏電圧の温度傾斜と最適増倍率とを測定する特性測定工程と、出力端子に使用するAPDを接続し、入力端子に所定の直流電圧を印加する電圧印加工程と、温度傾斜電流引き込み手段への電流の引き込みを停止させ、この状態で出力電圧設定手段によって出力端子の電圧を所定の値に設定する出力

電圧設定工程と、温度傾斜電流引き込み手段への電流の引き込みを行い、温度傾斜に当たる電流の引き込みを行う温度傾斜設定工程と、出力電圧設定手段によって、出力端子の電圧を最適増倍率に対応する電圧に調整する電圧調整工程とを含む。

【0014】このような調整工程を採ることで、温度補償の設定を行うと共にAPDを最適増倍率で動作させるための設定を、複雑な調整を行うことなく能率的に調整を精度良く行うことができるので、APDに対するバイアス電圧制御を最適状態で行うことができる。

【0015】

【発明の実施の形態】次に本発明の好適な実施例を図面を用いて説明する。図1は、本発明のアバランシェフォトダイオード(APD)用バイアス電圧制御回路100の実施例の概略の回路構成図である(第1実施例)。この図のAPD用バイアス電圧制御回路100において、高電圧発生回路10は、高い直流電圧(たとえば、数十V程度)10aを出力し入力端子12に印加する。電圧可変回路20は、入力端子12に印加された直流電圧10aを電圧比較器30から出力される電圧制御信号30aによって対応する直流電圧20aに可変制御し端子28に印加する。

【0016】基準電圧発生回路40は、端子28に対して最適増倍率を得るための電圧の設定とAPD70のブレークダウン電圧の温度傾斜に注目して基準電圧を発生し、電圧比較器30の入力31に対する基準電圧43aを与える。出力電圧設定回路41は、端子28の電圧をAPD70に対して最適増倍率を得ることができる電圧に設定するための所定の電圧41aを出力し加算回路43に与える。温度補償回路42は、APD70のブレークダウン電圧の温度傾斜A( $V/^{\circ}C$ )に当たる電圧42aを出力し、加算回路43に与える。この温度傾斜は、図3に示すように、温度の変化に対してブレークダウン電圧がどの程度変化するかを表すものである。加算回路43は、前記所定の電圧41aと前記温度傾斜A( $V/^{\circ}C$ )に当たる電圧42aとを加算し、基準電圧43aとして電圧比較器30の入力31に与える。

【0017】アッテネータ50は、端子28に直列に接続された抵抗51と、この抵抗51に直列に接続された抵抗52とから構成され、抵抗52の他端は回路の最低電位端子53に接続され、抵抗51と抵抗52との接続点54の分圧された電圧50aを電圧比較器30の入力32に与える。電圧比較器30は、前記電圧50aと前記基準電圧43aとの電圧差を求めて、この電圧差を電圧制御信号30aとして電圧可変回路20に与える。

【0018】ローパスフィルタ回路60は、端子28に直列に接続された抵抗61と、この抵抗61に接続されたコンデンサ62とから構成され、コンデンサ62の他端は回路の最低電位端子63に接続されており、抵抗61とコンデンサ62との接続点64からフィルタ出力電圧がバイアス電圧60aとして、低域周波数成分を通過させ高域周波数成分の雑音信号が除去され端子65に印加される。

【0019】APD 70は、端子65からバイアス電圧60a が印加されバイアスされ光信号が印加されると動作電流70a を出力し電流電圧変換増幅回路80に与える。電流電圧変換増幅回路80は、APD 70の動作電流70a を電圧変換するとともに増幅し、検出電圧信号80a を出力する。

【0020】次に、図1の回路100の動作を説明する。電圧可変回路20には高電圧発生回路10から高電圧が入力端子12を介して与えられる。一方、出力電圧設定回路41で端子28の電圧を所定の値に設定するための電圧41a が出力され、加算回路43に与えられ、一方、温度補償回路42でもAPD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜に当たる電圧42a が出力され、加算回路43に与えられる。

【0021】加算回路43では、電圧41a と電圧42a とが加算され、この加算電圧が基準電圧43a として電圧比較器30の入力31に与えられる。電圧比較器30の他方の入力32には端子28の電圧がアッテネータ50で減衰された電圧50a が入力され、基準電圧43a と電圧比較され、電圧差が電圧制御信号30a として出力され、電圧可変回路20に与えられる。電圧変換回路20では、電圧制御信号30a に応じた出力直流電圧が出力され端子28に印加される。端子28に印加された直流電圧は、ロウパスフィルタ回路60で雑音が除去されAPD 70へのバイアス電圧60a として端子65に印加される。

【0022】同時に端子28の電圧は、アッテネータ50で減衰された電圧50a が電圧比較器30の入力32に与えられ、他方の入力31に与えられている基準電圧43a と比較され、電圧差に応じた電圧制御信号30a が出力され電圧可変回路20に与えられる。このような電圧制御が、電圧50a と基準電圧43a とが同じになるまで行われ、等しくなると、その時点の電圧制御信号30a が継続して電圧可変回路20に与えられ続ける。これによって、端子28から出力される電圧が温度補償をされながら最適増倍率に当たるように制御される。

【0023】このように構成し動作させることによって、増倍率値変動方式のようなAGC 増幅器の温度変動や電源電圧変動によって、APD 70の増倍率が変動し信号対雑音比が劣化するという問題がおきず、増倍率値一定方式のようにDC/DCコンバータや発振器出力を昇圧したりするコッククロフト回路などを制御する必要がないため、高電圧発生回路10を制御ループ外に備えることができ、回路規模を小さくすることが可能になる。たとえば、高電圧発生回路10としては、比較的回路規模の小さい簡易的なDC/DCコンバータを採用することも可能であり、これによって実装面積を狭くすることができる。また、数十V程度の交換機用の直流電源電圧を直接取り込むことも可能で、この場合は、高電圧発生回路10は不要になる。

【0024】図4は、APD 用バイアス電圧制御回路100Aの実施例の回路構成であり、電圧可変回路20A を具体的にはデジタル可変抵抗器23を使用して電圧可変する回路

構成を示す図である（第2実施例）。この図において、前述の図1の回路100 と異なるところは、電圧可変回路20A を具体的に詳細に示しているところである。すなわち、本電圧可変回路20A のアナログ/デジタル変換回路22は、電圧比較器30から与えられる電圧制御信号30a をデジタル電圧制御信号22a に変換してデジタル可変抵抗回路23に与える。

【0025】デジタル可変抵抗回路23は、デジタル電圧制御信号22a に対応した抵抗値に設定する。抵抗21は、高電圧発生回路10からの直流電圧10a を、デジタル可変抵抗回路23で設定されている抵抗との抵抗比によって減衰させ、端子29に印加する。端子29の電圧は端子28にも印加される。このようなデジタル可変抵抗回路23は、ICパッケージに集積化されて市販されてもいる。デジタル的に抵抗値をステップ的に可変することができるので、デジタル電圧制御信号22a の変化に応じて精度良く抵抗値を可変することができる。このため端子29における分圧出力電圧もデジタル電圧制御信号22a の変化に応じて精度良く変えることができる。

【0026】なお、高電圧発生回路10の出力インピーダンスが高い場合は、抵抗21は省略することができる。

【0027】次に、図4の回路100Aの動作を説明する。電圧可変回路20A には高電圧発生回路10から高電圧が入力端子12を介して与えられ、抵抗21に印加される。一方、出力電圧設定回路41で端子28の電圧を所定の値に設定するための電圧41a が出力されると、加算回路43に与えられ、一方、温度補償回路42でもAPD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜に当たる電圧42a が出力され、加算回路43に与えられる。

【0028】加算回路43では、電圧41a と電圧42a とが加算され、この加算電圧が基準電圧43a として電圧比較器30の入力31に与えられる。電圧比較器30の他方の入力32には端子28の電圧がアッテネータ50で減衰された電圧50a が入力され、基準電圧43a と電圧比較され、電圧差が電圧制御信号30a として出力され、電圧可変回路20A に与えられる。電圧変換回路20A では、電圧制御信号30a がデジタル電圧制御信号22a に変換され、この信号22a によってデジタル抵抗回路23が対応する抵抗値に設定され、抵抗21との分圧出力電圧が端子29に印加され、さらにこの電圧が端子28にも印加される。端子28に印加された直流電圧はロウパスフィルタ回路60で雑音が除去され、APD 70へのバイアス電圧60a として端子65に印加される。

【0029】同時に端子28の直流電圧は、アッテネータ50で減衰された電圧50a が電圧比較器30の入力32に与えられ、他方の入力31に与えられている基準電圧43a と比較され、電圧差に応じた電圧制御信号30a が出力され、電圧可変回路20A に与えられる。このような電圧制御が、電圧50a と基準電圧43a とが同じになるまで行われ、等しくなると、その時点の電圧制御信号30a が継続

して電圧可変回路20A に与えられ続ける。これによって、端子28から出力される電圧が温度補償をされながら最適増倍率に当たるように制御される。

【0030】以上のような電圧可変回路20A の構成を採ること、電圧制御信号30a の変化に応じて忠実に精度良くデジタル可変抵抗回路23で抵抗値を変えることができるので、端子29、28の電圧を精度良く変えることができる。したがって、回路100Aとしては、温度変動や電源電圧変動があっても、最適増倍率にするように精度良くバイアス電圧を制御することができる。しかも、集積化を可能にすることができ、部品点数を削減し、実装面積もさらに低減することができる。

【0031】図5は、APD 用バイアス電圧制御回路100Bの実施例の回路構成であり、電圧可変回路20B をトランジスタ24を使用して電流制御を行い、出力電圧を可変する回路構成を示す図である（第3実施例）。この図において、前述の図1の回路100と異なるところは、電圧可変回路20B を具体的に詳細に示していることである。すなわち、本電圧可変回路20B において、高電圧発生回路10からの出力直流電圧が印加される入力端子12には直列に抵抗21が接続され、他端は端子29に接続され、端子29と端子28とは同じ電圧が印加されており、端子29には直列に抵抗26が接続され、他端はトランジスタ24のコレクタに接続され、ベースには電圧比較器30から電圧制御信号30a が与えられる。エミッタには抵抗25が接続され、抵抗25の他端は回路の最低電位端子27に接続されている。

【0032】電圧制御信号30a がトランジスタ24のベースに与えられると、電圧制御信号30a の大きさに応じて抵抗21、26および25に流れるバイパス電流21a の値を制御する。これによって抵抗21と抵抗26との間の接続点の端子29の電圧を電圧制御信号30a の大きさに応じて変えることができる。すなわち、電圧制御信号30a の電圧が大きくなると、バイパス電流21a の大きさが大きくなり、抵抗21における電圧降下が大きくなり、端子29の電圧は下げられる。また、逆に、電圧制御信号30a の電圧が小さくなると、バイパス電流21a の大きさが小さくなり、抵抗21における電圧降下が小さくなり端子29の電圧は高くなる。したがって、端子29の電圧の変化に応じて端子28の電圧の大きさも同じように変えられる。

【0033】このように電圧制御信号30a によってトランジスタ24がバイパス電流21a を制御することによって、電圧比較器30の入力32の電圧が、入力31に与えられている基準電圧43a と等しくなるように制御することができるようになる。

【0034】このため、温度変動や電源電圧変動があっても、端子28のバイアス電圧を最適増倍率にするように精度良くバイアス電圧を制御することができる。しかも、電圧可変回路20B の構成が、抵抗21、25、26と、トランジスタ24とによって構成されるため、部品点数も少

なく集積化を容易に行うことができ、実装面積もさらに低減することができる。

【0035】図6は、APD 用バイアス電圧制御回路100Cの実施例の回路構成であり、電流バイパス回路40A を使用して出力電圧の設定および温度補償の設定を行う回路構成を示す図である（第4実施例）。この図において、電圧可変回路20B は、前述の図5と同じトランジスタ24を用いてバイパス電流を制御する回路方式を採用している。さらに、前述と異なるところは、電圧比較器30の入力31には、この電圧比較器30の電源電圧範囲のたとえば、中間電位に当たる基準電圧31a を与えられるように、基準電圧発生回路33から発生する。電圧比較器30の他方の入力32には端子28に直列に接続されたアッテネータ50A によって電圧降下された電圧50a が入力される。しかも、アッテネータ50A には電流バイパス回路40A が接続されている。

【0036】この電流バイパス回路40A は、端子28に接続されているアッテネータ50A から電流を引き込み、最適増倍率の電圧に当たるように電流の引き込みを行うと共に、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜分に当たる電流とを引き込むためのものである。そこで、具体的には、電流バイパス回路40A の出力電圧設定回路41A は、端子28の電圧をAPD 70に対して最適増倍率を得ることができる電圧に設定するため電流の引き込みを行い、抵抗21とアッテネータ50A の抵抗値との分圧比によって端子28の電圧設定を行う。温度補償回路42A は、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜分に当たる電流をアッテネータ50A から引き込み、電圧比較器30の入力32の電圧を調整するように作用する。

【0037】次に、図6の回路100Cの動作を説明する。高電圧発生回路10から直流電圧が出力され、電圧可変回路20B の抵抗21に与えられる。基準電圧回路33から電圧比較器30の入力31に基準電圧31a が入力される。出力電圧設定回路41A によって、APD 70の最適増倍率による動作を実現する設定電圧分の電流が引き込まれる。さらに、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜分の電流を電圧比較器30の入力32点からバイパスする。

【0038】電圧比較器30では、アッテネータ50A で電圧降下された電圧50a が入力32に与えられ、入力31に与えられている基準電圧31a と比較され、両方の電圧が常に等しくなるまで電圧制御信号30a が出力され端子28の出力電圧が可変制御される。すなわち、トランジスタ24は電圧制御信号30a によってバイパス電流21a が制御される。電流バイパス用のトランジスタ24によってバイパスされる電流と抵抗21との積により生じる電圧降下によって端子28の出力電圧を安定化するように動作する。

【0039】また、電流バイパス回路40A は、APD 70の最適増倍率による動作を実現する設定電圧分の電流と、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜分の電流を電圧比較器30の入力32からバイパスするように動作するが、



入力31、入力32の電圧は電圧比較器30の電圧制御信号30aによって常に等しくなるように制御されているため、電流バイパス回路40Aによってバイパスされる電流と、アッテネータ50Aの抵抗値と抵抗21との分圧抵抗との積によって生じる電圧降下分だけ端子28の電圧を上昇させるように動作する。

【0040】そして、たとえば、電流バイパス回路40Aによってバイパスされる電流がゼロになる場合は、端子28の電圧は、電圧比較器30の入力32に与えられて基準電圧31aだけによって決定される。ロウパスフィルタ回路60によってAPD 70に印加されるバイアス電圧の雑音成分が除去され、さらにAPD 70の入力電流が増大した場合、端子65の電圧上昇を防止するようにも動作する。

【0041】以上のような構成を採り、動作を行うことによって、前述の図5における加算回路43を削除することができ、回路規模をさらに小さくすることができる。出力電圧設定とAPD 70の温度補償とを行うために端子28から電流バイパス回路40Aに電流を引き込むように構成したので、電圧比較器30において発生するオフセットや図5における加算回路43において発生するオフセットに起因して発生する調整誤差を除外することが可能となり、調整精度を飛躍的に向上させることができる。なお、電圧可変回路20Bを、図4の電圧可変回路20Aに代えるように構成してもよい。

【0042】図7は、図6のAPD用バイアス電圧制御回路100Cの実施例の回路構成における出力電圧設定回路41Aの具体的な回路構成を示す図である（第5実施例）。この図において、出力電圧設定回路41Aは、端子28の電圧を設定するために、アッテネータ50Aを通じて電圧比較器30の入力32に入力されている電流をバイパスするために電流を引き込みトランジスタ412のコレクタに引き込む。ベースには基準電圧発生回路411からトランジスタ412を動作させるための電圧が加えられている。エミッタには可変抵抗器413が接続され、他端は回路の最低電位端子414に接続されている。

【0043】出力電圧設定回路41Aによってバイパスされる電流は可変抵抗器413によって設定され、電流バイパス用のトランジスタ412のコレクタ側の抵抗（アッテネータ50Aの抵抗値RLと抵抗21との分圧抵抗）とバイパス電流との積によって生じる電圧降下分だけ端子28の電圧を上昇させるように動作する。なお、その他の温度補償の動作や全体的な動作は、前述の図6の説明と同様である。

【0044】出力電圧設定回路41Aの構成を図7のようにしたので、回路構成が非常に簡単で、部品点数も少ないので回路を小型にすることができ、集積化も容易にできるようになる。なお、電圧可変回路20Bを図4の電圧可変回路20Aに置き換えることもよい。

【0045】図8は、図6のAPD用バイアス電圧制御回路100Cの実施例の回路構成における温度補償回路42Aの

具体的な回路構成を示す図である（第6実施例）。この図において、温度補償回路42Aは、APD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜分に対応する電流を電圧比較器30の入力32からバイパスして電流を引き込む。引き込む電流は、トランジスタ422のコレクタに吸い込まれる。ベースには温度センサ421が接続されている。エミッタには可変抵抗423が接続され、他端は回路の最低電位端子424に接続されている。

【0046】この温度補償回路42Aによってバイパスされる電流は、可変抵抗423によって可変され、トランジスタ422のコレクタ側の抵抗（アッテネータ50Aの抵抗値RLと抵抗21との分圧抵抗）とバイパス電流との積によって生じる電圧降下分だけ端子28の電圧を上昇させるように動作する。

【0047】この温度センサ421は、周囲温度を検出し対応する電圧を出力しベースに与える。温度センサ421は、その出力電圧に任意の温度係数を持つ素子であり、トランジスタ422のコレクタ側の抵抗（アッテネータ50Aの抵抗値RLと抵抗21との分圧抵抗）と、エミッタ側の抵抗（可変抵抗423と、エミッタとベースとの間の接合部の温度変化に対する抵抗値の変化を表す微分抵抗と、エミッタ抵抗との和）とが等しい場合、すなわち、トランジスタ422とコレクタ抵抗とエミッタ抵抗とによって構成される増幅回路系統の利得がゼロになる場合、温度センサ421が持つ出力電圧の温度係数はそのまま端子28の温度係数として現れる。

【0048】また、トランジスタ422とコレクタ抵抗とエミッタ抵抗とによって構成される増幅回路系統が利得を持つ場合、温度センサ421が持つ出力電圧の温度係数は利得倍されて端子28の温度係数として現れる。さらに、トランジスタ422とコレクタ抵抗とエミッタ抵抗とによって構成される増幅回路系統がマイナス利得を持つ場合、温度センサ421が持つ出力電圧の温度係数はマイナス利得倍されて端子28の温度係数として現れる。

【0049】以上のように、APD 70の温度傾斜の設定を温度センサ421が検出した温度に対応する出力電圧によってトランジスタを動作させバイパス電流を制御するように構成したので、非常に簡単な回路構成で実現することができる。したがって、小さい回路規模で実現することができる。なお、電圧可変回路20Bを図4の電圧可変回路20Aに置き換えてもよい。

【0050】図9は、APD用バイアス電圧制御回路100Dの実施例の回路構成であり、図7の出力電圧設定回路41Aおよび図8の温度補償回路42Aを使用した回路構成を示す図である（第7実施例）。この図において、高電圧発生回路10から直流電圧が抵抗21に印加され、基準電圧31aが電圧比較器30の入力31に与えられると、出力電圧設定回路41Aは、APD 70の最適増倍率を設定する電流を電圧比較器30の入力32からバイパスして電流を引き込む。電圧比較器30は、入力32に与えられているアッテネ

一タ50Aの出力電圧50aと基準電圧30aとを比較し、両方の入力31、32の電圧が等しくなるように端子28の出力電圧を可変するように動作する。

【0051】電流バイパス用のトランジスタ24、抵抗25、26は、電圧比較器30から出力される電圧制御信号30aによって電流バイパス量が制御される。トランジスタ24によってバイパスされる電流と抵抗21との積によって生じる電圧降下によって端子29、28の出力電圧を安定化させるように動作する。また、出力電圧設定回路41Aは、APD 70の最適増倍率で動作することを實現する設定電圧分の電流を電圧比較器30の入力32点からバイパスするように動作するが、入力31と入力32との電圧は、電圧比較器30が出力する電圧制御信号30aによって常に等しい電圧になるように制御されているため、出力電圧設定回路41Aによってバイパスされる電流は、可変抵抗413によって設定され、トランジスタ412のコレクタ側の抵抗（アッテネータ50Aの抵抗値 $R_L$ と抵抗21との分圧抵抗）とバイパス電流との積によって生じる電圧降下分だけ端子29、28の電圧を上昇させるように動作する。たとえば、電流バイパス回路40Aによってバイパスされる電流がゼロの場合は、端子28の電圧は電圧比較器30に与えられている基準電圧31aだけによって決定される。

【0052】温度補償回路42Aでは、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜分の電流を電圧比較器30の入力32点からバイパスするように動作するが、入力31と入力32の電圧が常に等しくなるように制御されているため、温度補償回路42Aによってバイパスされる電流は、可変抵抗423によって可変され、トランジスタ422のコレクタ側の抵抗（アッテネータ50Aの抵抗値 $R_L$ と抵抗21の分圧抵抗）とバイパス電流との積によって生じる電圧降下分だけ端子28の電圧を上昇させるように動作する。

【0053】ここで、温度センサ421は、出力電圧に任意の温度係数を持つ素子であるので、トランジスタ422のコレクタ側の抵抗と、エミッタ側の抵抗（可変抵抗423と微分抵抗とエミッタ抵抗との和）が等しい場合、すなわち、トランジスタ422とコレクタ側の抵抗とエミッタ側の抵抗とによって構成される増幅回路系統の利得がゼロの場合、温度センサ421が持つ出力電圧の温度係数は、そのまま端子28の電圧に対する温度係数として現れる。

【0054】一方、トランジスタ422とコレクタ側の抵抗とエミッタ側の抵抗とによって構成される増幅回路系統が利得を持つ場合、温度センサ421が持つ出力電圧の温度係数は、利得倍されて端子28の電圧の温度係数として現れる。また、トランジスタ422とコレクタ側の抵抗とエミッタ側の抵抗とによって構成される増幅回路系統がマイナス利得を持つ場合、温度センサ421が持つ出力電圧の温度係数はマイナス利得倍されて端子28の電圧に対する温度係数として現れる。

【0055】以上のような構成と動作によって、出力電

圧の設定とAPD 70の温度補償とを端子28からの電流をバイパスする方法にしているため、電圧比較器の入力の基準電圧を操作する方法と比較して、電圧比較器において発生するオフセットや加算回路において発生するオフセットに起因して発生する調整誤差が発生しないようにすることが可能となる。すなわち、調整精度を向上させることができ、小型で低消費電力の回路を實現することができる。なお、電圧可変回路20Bを図4の電圧可変回路20Aに置き換えることもよい。

10 【0056】図10は、APD用バイアス電圧制御回路100Dの実施例の回路構成の調整を行うための工程を示す図である。ステップS10では、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜と、最適増倍率を測定する。ステップS20では、温度補償回路42Aに流れ込むバイパス電流をゼロにする。ステップS30では、可変抵抗413によって端子28の電圧を所定の電圧に設定する。ステップS40では、温度補償回路42Aに流れ込むバイパス電流をオンにする。ステップS50では、可変抵抗423により予め測定したAPD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜を端子28の電圧に与える（温度傾斜の設定）。ステップS60では、可変抵抗413により端子65の設定電圧をAPD 70の最適増倍率に当たる電圧に設定する。

30 【0057】図11は、図10の調整工程を説明するための回路調整系統図である。ステップS10において、APD 70のブレイクダウン電圧の温度傾斜と最適増倍率とにするが、温度傾斜は、いくつかの周囲温度におけるブレイクダウン電圧を測定して、これらの測定結果から温度変化に対する温度傾斜に相当する電圧を求めることができる。また、最適増倍率の測定方法を図1を用いて説明する。測定対象のAPD 70に端子65から直流電圧を印加する。さらに、APD 70に光信号を印加する。APD 70に誘起される電流を電流電圧変換増幅回路80で電圧変換するとともに増幅し、検出電圧信号80aを符号誤り率測定器（図示せず）に入力する。

40 【0058】次に、APD 70にブレイクダウン電圧から数V低い電圧を印加する。次に、光信号のレベルを絞り、第1の所定の符号誤り率になるように設定する。この状態から印加電圧を少しずつ変化させ符号誤り率が最も良くなるときの印加電圧とそのときの符号誤り率を測定し、特性図の横軸をAPD 70の印加電圧とし縦軸を符号誤り率としてプロットする。つぎに、さらに光信号のレベルを絞り、前述と同じように第2の所定の符号誤り率になるように設定する。この状態から印加電圧を少しずつ変化させ符号誤り率が最も良くなるときの印加電圧とそのときの符号誤り率を測定し、特性図にプロットする。このような測定を繰り返して所定の符号誤り率が最も良くなったときの印加電圧を最適増倍率に当たるバイアス電圧として採用する。

【0059】図11を参照して、次に、ステップS20においては、出力電圧設定回路41Aの単体での出力電圧を出

力するために温度補償回路42A に流れ込むバイパス電流をゼロにする。このバイパス電流をゼロにする方法としては、トランジスタ422 のベース電位をスイッチ425 によって回路の最低電位426 に短絡することが望ましい。このときの端子28の設定電圧をHV1 とする。

【0060】出力電圧設定回路41A は、APD 70の最適増倍率を実現する設定電圧分の電流を電圧比較器30の入力32点からバイパスするように動作するが、入力31と入力32の電圧は、電圧比較器30が出力する電圧制御信号30a によって常に等しい電圧になるように制御されているため、出力電圧設定回路41A によってバイパスされる電流は、可変抵抗413 によって設定され、トランジスタ412 のコレクタ側の抵抗（アッテネータ50A の抵抗値RLと抵抗21との分圧抵抗）と、バイパス電流との積によって生じる電圧降下分だけ端子28の電圧を上昇させるように動作する。

【0061】ステップS40 においては、温度補償回路42A に流れ込むバイパス電流をオンにする。回路の最低電位端子424 に短絡したトランジスタ422 のベース電位を解放する。ステップS50 においては、可変抵抗423 によって予め測定したAPD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜を端子28に与えるための設定を行う（温度傾斜の設定）。温度補償回路42A は、APD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜分の電流を電圧比較器30が出力する電圧制御信号30a によって常に等しい電圧になるように制御されているため、温度補償回路42A によってバイパスされる電流は、可変抵抗423 によって可変され、トランジスタ422 のコレクタ側の抵抗とバイパス電流との積によって発生する電圧降下分だけ端子28の電圧を上昇させるように動作する。

【0062】ここで、温度センサ421 は、出力電圧に任意の温度係数を持つ素子であるので、トランジスタ422 のコレクタ側の抵抗とエミッタ側の抵抗とが等しい場合、すなわち、トランジスタ422 とコレクタ抵抗と可変抵抗423 とによって構成される増幅系統の利得がゼロの場合、温度センサ421 が持つ出力電圧の温度係数はそのまま端子28の電圧に対する温度係数として現れる。一方、トランジスタ422 とコレクタ抵抗と可変抵抗423 とによって構成される増幅系統が利得を持つ場合、温度センサ421 が持つ出力電圧の温度係数は利得倍されて端子28の電圧に対する温度係数として現れる。

【0063】ここでさらに詳細に説明する。温度センサ421 の出力電圧をVT0 とし、出力電圧の温度傾斜をA (mV/°C) とした場合、トランジスタ422 とコレクタ抵抗と可変抵抗423 とによって構成される増幅回路系統がゼロ利得のときは、端子28に現れる電圧はHV1+VT0、温度係数はA (mV/°C) である。2倍の利得の場合は、端子28に現れる電圧はHV1+2xVT0、温度係数は2xA (mV/°C) である。同様に1/2利得のときは、端子28に現れる電圧はHV1+VT0/2、温度係数はA/2 (mV/°C) である。

【0064】APD 70のブレークダウン電圧の温度傾斜B (mV/°C) は、予め測定されているので、端子28に現れる電圧値を、他端が回路の最低電位端子428 に接続されている電圧計427 で測定し、 $HV1 + (B/A) \times VT0$  となるように、可変抵抗423 を設定することによって端子28の電圧の特性に温度傾斜を持たせることができる。次に、ステップS60 において、可変抵抗413 によって端子65の設定電圧を予め測定したAPD 70の最適増倍率に当たる電圧に設定することで調整を完了することができる。

【0065】以上のような回路調整方法を行うことで、最適増倍率に設定することと、温度補償のための設定とを調整誤差が生じないように、非常に精度良く調整することができる。なお、出力電圧設定回路41A においては、可変抵抗413 を可変することでバイパス電流を制御し端子28の電圧を設定したが、可変抵抗を固定抵抗としトランジスタ412 のベースに与える電圧を可変して設定することでもよい。また、電圧比較器30は簡略化して図示しているが、実際には制御ループ内に帯域制限要素を配置するとよい。

【0066】

【発明の効果】以上述べたように本発明は、入力端子に与えられる入力直流電圧を電圧制御信号に応じた電圧に可変制御し出力する電圧可変手段を含み、この出力電圧をAPDに印加するバイアス電圧として制御し出力端子から出力する回路において、出力端子から第1の抵抗を介して電流を引き込む制御を行い、出力端子の電圧を所定の電圧に設定し、APD の逆方向の降伏電圧の温度傾斜に当たる電流を引き込み、所定の基準電圧と出力端子から抵抗を介して与えられる電圧とが等しくなるように電圧制御信号を生成し電圧可変手段に対して与えるように構成することで、APD に対して常に最適増倍率に対応するバイアス電圧になるように精度良く設定することができ電源電圧変動の影響を受けることなく、ブレークダウン電圧の温度傾斜も設定しているので温度補償も同時に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のアバランシェフォトダイオード(APD) 用バイアス電圧制御回路の実施例（第1実施例）の概略の回路構成図である。

【図2】一般的なAPD のバイアス電圧に対する増倍率の特性と、温度の変動に対する増倍率の変化を表す特性図である。

【図3】一般的なAPD の温度変化に対するブレークダウン電圧の変化を表す図である。

【図4】APD 用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成であり、電圧可変回路を具体的にはデジタル可変抵抗器を使用して電圧可変する回路構成（第2実施例）を示す図である。

【図5】APD 用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成であり、電圧可変回路をトランジスタを使用して電流

10

20

30

40

50

制御を行い出力電圧を可変する回路構成（第3実施例）を示す図である。

【図6】APD用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成であり、電流バイパス回路を使用して出力電圧の設定および温度補償の設定を行う回路構成（第4実施例）を示す図である。

【図7】図6のAPD用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成における出力電圧設定回路の具体的な回路構成（第5実施例）を示す図である。

【図8】図6のAPD用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成における温度補償回路の具体的な回路構成（第6実施例）を示す図である。

【図9】APD用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成であり、図7の出力電圧設定回路41Aおよび図8の温度補償回路を使用した回路構成（第7実施例）を示す図

である。

【図10】APD用バイアス電圧制御回路の実施例の回路構成の調整を行うための調整工程を示す図である。

【図11】図10の調整工程を説明するための回路調整系統図である。

【符号の説明】

10 高電圧発生回路

20 電圧可変回路

30 電圧比較器

40 基準電圧発生回路

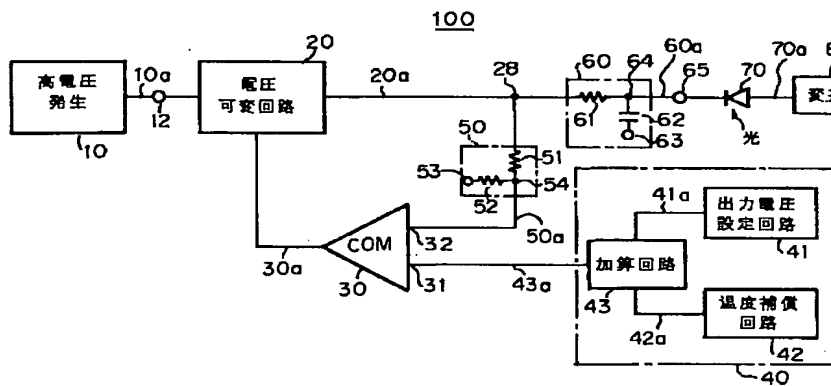
41 出力電圧設定回路

42 温度補償回路

70 アバランシェフォトダイオード (APD)

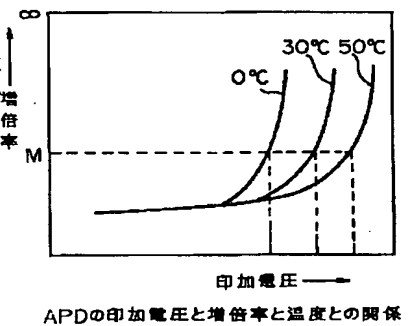
80 電流電圧変換増幅回路

【図1】



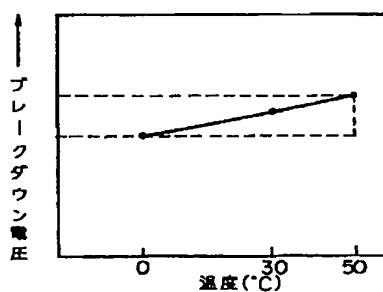
APD用電圧制御回路の第1実施例

【図2】



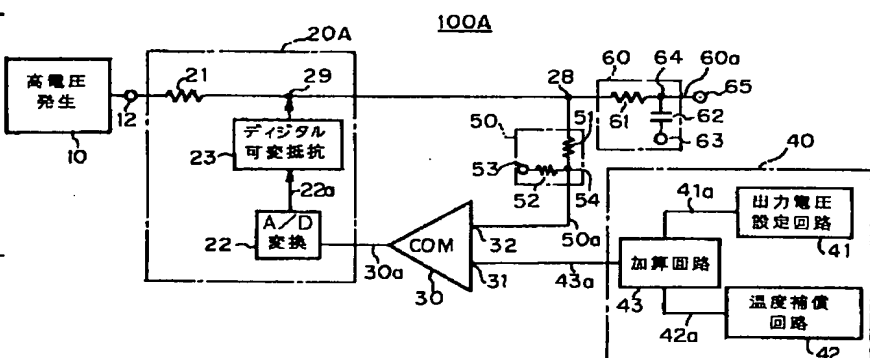
APDの印加電圧と増倍率と温度との関係

【図3】



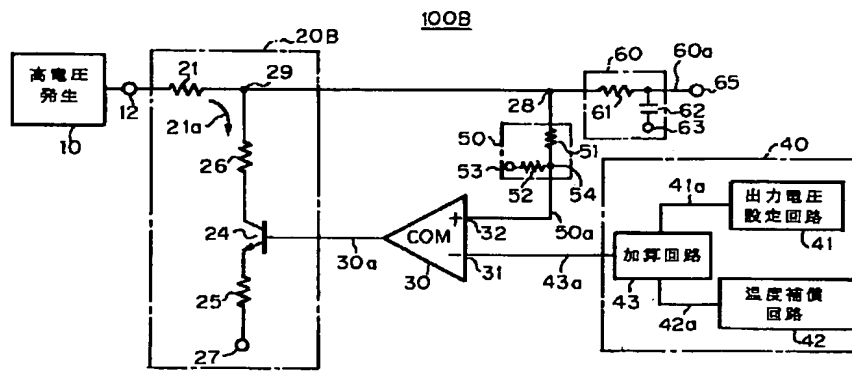
APDの温度傾斜の説明図

【図4】



APD用電圧制御回路の第2実施例

【図5】



APD用電圧制御回路の第3実施例

【図10】

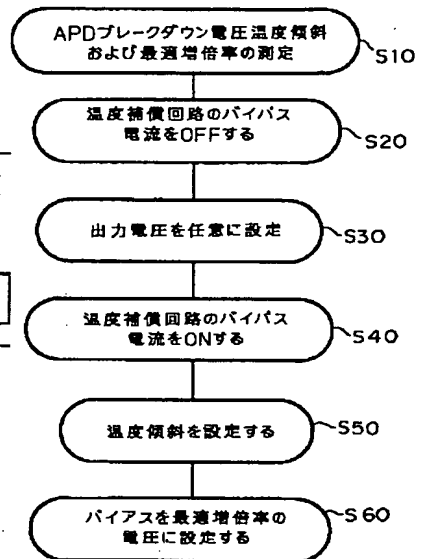
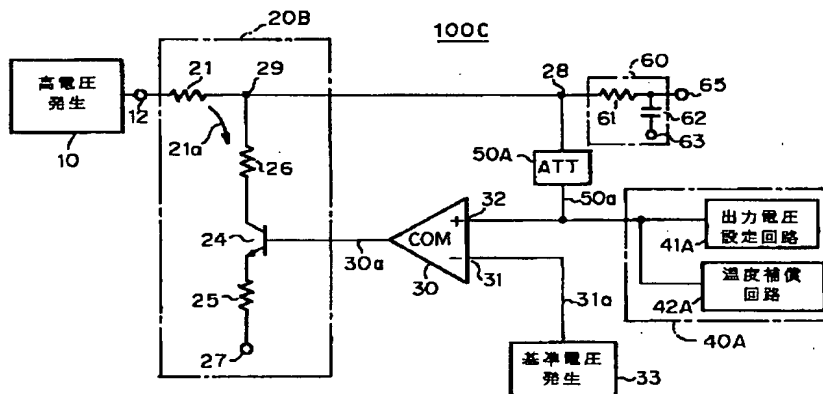


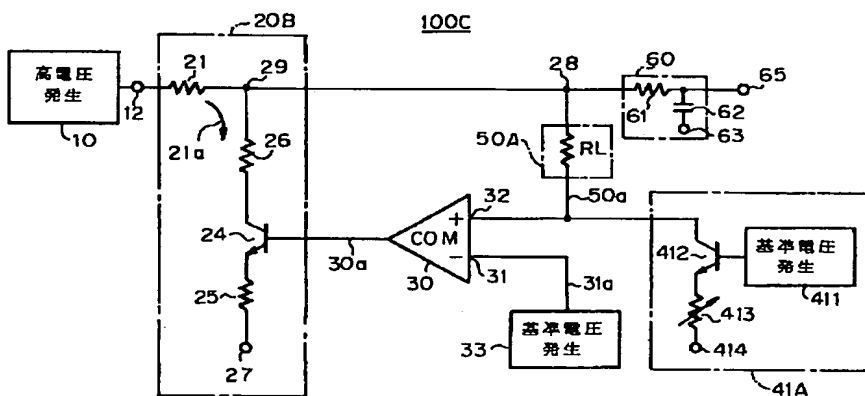
図9の調整工程

【図6】



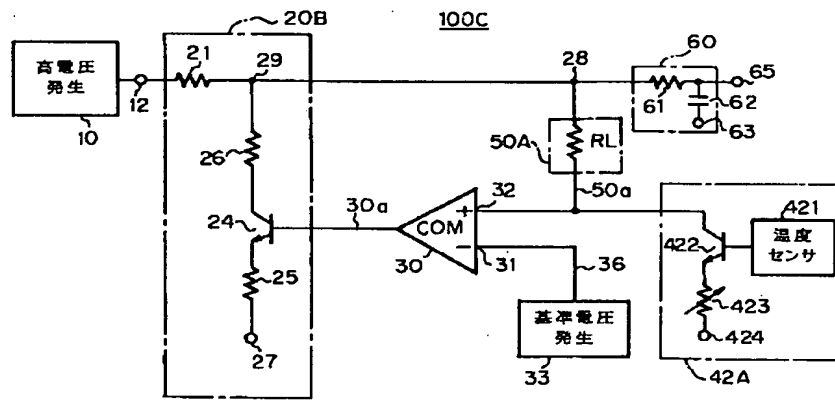
APD用電圧制御回路の第4実施例

【図7】



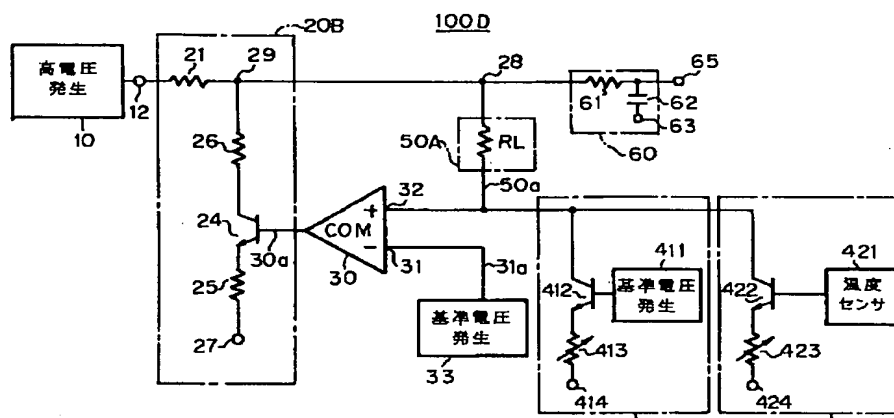
APD用電圧制御回路の第5実施例

【図8】



APD用電圧制御回路の第6実施例

【図9】



APD用電圧制御回路の第7実施例

【図11】

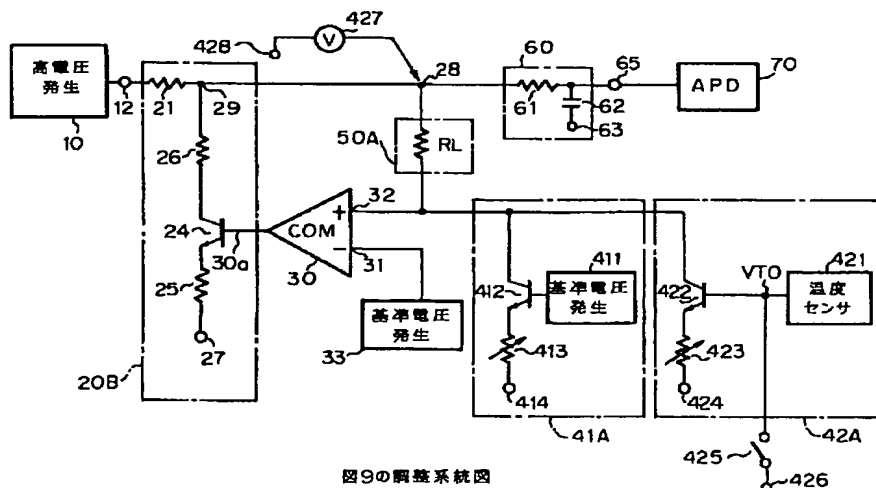


図9の調整系統図

フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 3 F 1/30

3/08

H 0 3 G 3/30